

GÜNÜMÜZDE İÇTEN YANMALI MOTORLARDA HİDROJEN YAKITININ KULLANILMASI**Can HAŞİMOĞLU, Murat CİNİVİZ, Gürol UÇAR****Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Bölümü, KONYA****ÖZET**

Fosil kökenli yakıtların teknolojinin gelişmesi ve aşırı kullanım sonucu hızla tükenmesi, araştırmacıları alternatif yakıt arayışına itmiştir. Sudan elde edilebilirliği sayesinde sonsuz bir enerji kaynağı olan hidrojen günümüz teknolojisi ile motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanılabilme sınırına gelmiştir. Hidrojenin çevre dostu olması ve geleneksel yakıtlara göre avantajlarının bulunması, yakın gelecekte en gözde enerji kaynağı olmasını sağlamaktadır. Bir takım işletim problemleri bulunsada yapılacak çalışmalarla bu problemler giderilebilir.

1. GİRİŞ

Çevre kirliliğine sebep olan önemli etkenlerden birisi de içten yanmalı motorlardan kaynaklanan egzoz emisyonlarıdır. Fosil kaynaklı yakıtların aşırı kullanımı sonucu azalması ve artan çevre kirliliği, çevre bilincine uygun ve yenilenebilir alternatif yakıtların araştırılmasını gündeme getirmiştir. Araştırılacak alternatif yakıtın içten yanmalı motorun performansını fazla düşürmemesi ve egzoz emisyonlarını olumlu yönde etkilemesi gerekmektedir. Ayrıca bu yakıtın elde edilebilirliği, maliyetinin düşük olması, kullanılabilirliği, bulunabilirliği ve motorda fazla değişiklik gerektirmeden kullanılması da önem taşımaktadır.

Yüksek verim, çevre sorunları ve fosil yakıt rezervlerinin azalması gibi sorunlar 21.yy enerji tercihinin elektrik ve hidrojenden yana olması sonucunu doğurmaktadır. Bu iki alternatif yakıt birbirine dönüştürülebilmektedir. Ayrıca hidrojen elektrikten daha iyi depolanabilmekte ve uzun mesafelere taşınabilmektedir. Bu özelliği hidrojenin uçaklar ve motorlu taşıtlar içinde yakıt olarak kullanılabilmesini sağlamaktadır (Tekin, 1997)

Elektroliz ile sudan elde edilebilmesi, fiziksel ve kimyasal özellikleri, benzine göre motordan daha yüksek güç elde etme imkanı sağlaması ve çevreye olumlu etkileri hidrojeni önemli bir alternatif yakıt durumuna getirmektedir. Motor yakıtı olarak hidrojen kullanımı 1920'li yıllarda başlamış ve günümüze kadar yapılan çalışmalarla hidrojen kullanım sınırına ulaşmıştır. Uygulamanın yaygınlaştırılmasının önündeki engeller; ekonomik faktörler ve mevcut enerji sistemleri ile geleneksel motorların demodeleşmesinin getirebileceği sakıncalardır. Ancak çevresel koşullar bir an önce kullanımın başlamasını zorunlu kılmaktadır (Ültanır, 1997).

2.HİDROJEN YAKITININ ÖZELLİKLERİ

Atomik sembolü "H" olan hidrojenin atom ağırlığı 1,00797, atom sayısı 1 olan en basit ve en hafif elementtir. Hidrojen doğada en çok bulunan element olmasına rağmen, hafifliği sebebi ile atmosfere yükselip orada serbest kaldığından, yeryüzünde serbest halde çok az bulunur. Görünmez ve kokusuz bir gaz olan hidrojene yer yüzünde diğer elementlerle bileşik yapmış halde rastlanır. 0 °C'deki yoğunluğu 0,08987 g/lit ve havaya göre özgül ağırlığı

0,0695'dir. Hidrojenin yanma ısısı oldukça yüksektir ve zehirli etkisi yoktur. Yanma sonucunda ise sadece su buharı meydana gelir. Aynı ağırlıktaki benzine göre sıvı hidrojenin enerjisi 2,75 kat daha fazladır (Stout, 1984, Veziroğlu, AÖF).

Hidrojen çok amaçlı bir yakıttır. Hava yada oksijen ile birlikte yakılarak ısıtma amaçlı olarak kullanılabilir. Motor yada gaz türbiniyle bir jeneratörü tahrik ederek veya yakıt pili olarak kullanılmasıyla yüksek bir verim ile elektrik üretilebilir. Taşıtlarda; basınç altında, sıvı halde ve metal hidrid şeklinde depo edilerek motor yakıtı olarak yararlanılır. Kimya endüstrisinde ham madde olarak kullanılır (Anonymous, 1992).

Hidrojen sahip olduğu birim enerji başına üretilmesi en ucuz sentetik yakıttır. Sentetik yakıt sisteminde 1Gj'lük enerji 18,65\$'a mal olurken, solar enerji ile üretilen hidrojen 13,02\$'a mal olmaktadır (Acaroğlu, 1998). Ayrıca çevreyi hemen hemen hiç kirletmez ve sentetik yakıtlar (metanol, amonyak vb.) içerisinde en temiz olanıdır (Veziroğlu, 1981).

Hidrojeni geleneksel olmayan birincil enerji kaynakları ile karşılaştırdığımızda şu farklı üstünlükleri görürüz; kolay taşınabilir, tükenmezdir, yenilenebilir, depolanması mümkündür, ekonomik şekilde üretilebilir, en az kirlilik oluşturmaz, birincil enerji kaynaklarına bağımlı değildir, üretiminde en uygun bileşik çok bol olan sudur, hidrojenin yüksek alevlenme hızı ve geniş tutuşma aralığı, hafifliği ve yakıt olarak ideal özellikleri nedeniyle hidrojen taşıtlar için iyi bir yakıttır (Özer, 1991).

2.1. Motor Yakıtı Olarak Hidrojen

Uzunca bir süreden beri hidrojenin motorlarda yakıt olarak kullanılma imkanları araştırılmaktadır. Günümüzde yakıt seçiminde ölçüt olarak alınan ulaştırma yakıtı olma özelliği, çok yönlü kullanıma uygunluk, kullanım verimi, çevresel uygunluk, emniyet ve maliyet açısından yapılan değerlendirmeler hidrojen lehine sonuç vermektedir (Ültanır, 1997). 1970'lerde hidrojenin alternatif motor yakıtı olarak kullanılması yeniden gündeme gelmiştir. Egzoz emisyon değerlerinin düşük olması, petrole olan bağımlılığı azaltması hidrojenin uzun yıllar önceden tespit edilmiş olan avantajlarıdır. Bu önemli özelliklerinin yanında hidrojeni üstün bir alternatif yakıt yapan özellikler aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

Tablo 2.1 Değişik Yakıtların Yanma Özellikleri (Vorst, 1975)

Yakıt	Hidrojen	Metan	Propan	Benzin	Metanol
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı ($^{\circ}\text{C}$)	585	540	510	440	385
Min. Tutuşma enerjisi (MJ)	0.02	0.28	0.25	0.25	—
Tutuşma aralığı (%hacim)	4-75	5-15	2.2-9.5	1.3-7.1	6.7-3.6
Max. Laminer alev hızı (cm/s)	270	38	40	30	—
Difüzyon katsayısı (cm^2/s)	0.63	0.2	—	0.08	—

Hidrojenin kendi kendine tutuşma sıcaklığı yüksek olmasına rağmen, hidrojen-hava karışımlarının tutuşturulabilmesi için gerekli enerji miktarı düşüktür. Tutuşma aralığının geniş olması, hidrojenin daha geniş karışım aralığında düzgün yanmasını sağlar ve yanma sonucunda daha az kirletici oluşur. Benzin motorları ise stokiyometrik orana daha yakın oranlarda yada zengin karışım oranlarında çalıştırılmak zorunda olduklarından egzoz gazlarında önemli

miktarda azot oksit (NO_x), karbonmonoksit (CO) ve yanmamış hidrokarbon (HC)'lar oluşur. Hidrojen motorları, maksimum yanma sıcaklığını azaltacak biçimde fakir karışım ile çalıştırılabilirler. Böylece daha az NO_x oluşurken, HC ve CO emisyonları oluşmaz. Alev hızının yüksek olması ise Otto motorlarında ideale yakın bir yanmanın oluşmasını sağlayarak, ısı verimi artırır. Geniş tutuşma aralığı sayesinde, gaz keleşine gerek kalmadığından, karışımın silindirlere kısılmadan gönderilmesi sonucu pompalama kayıpları azaltılmış olur (Vorst, 1975).

Hidrojenin yüksek sıkıştırma oranlarında, fakir karışım ile yanabilmesi yakıt tüketimini azalttığı gibi, yanma sonucu oluşan maksimum sıcaklığı da azaltır. Yanma sonucu partikül madde oluşmadığından bujiler kirlenmez. Alev parlaklığının düşük olması, diğer karbon esaslı yakıtlara göre radyasyon yolu ile olan ısı kaybını azaltacağından daha yüksek verim sağlar (Kondo, 1997).

Hidrojenin alev hızının yüksek olması, buji kıvılcımından sonra karışımın başka noktalardan tutuşma (detenasyon) ihtimalini azaltır. Bu durum sıkıştırma oranının artırılmasını sağlayacağından motorun gücü de artar (Vorst, 1975).

2.2.Buji ile Ateşlemeli Motorun Hidrojen Motoruna Dönüştürülmesi

Yakıt besleme sistemleri açısından hidrojen motorları 4 kategoriye ayrılmaktadır. Karbürasyon, emme manifolduna püskürtme, emme supabının arkasına püskürtme ve doğrudan silindir içine püskürtmedir (Tekin, 1997).

Hidrojen ile hava karışımı, sırasıyla dahili ve harici olarak adlandırabileceğimiz yöntemlerle motorun yanma odası içerisinde veya motorun emme manifoldunda hazırlanmaktadır. Harici karışım hazırlama yönteminde, basit bir gaz karıştırıcı içerisinde düşük basınçlarda hava ile karıştırılması veya hidrojenin yine düşük basınçlarda motorun emme manifolduna sürekli veya kesikli olarak gönderilmesi mümkündür. Kesikli olarak yakıt gönderme durumunda, dizel ilkesi ile çalışan motorlardaki gibi yüke göre karışım ayarı yapılabilir. Bu durumda karbüratördeki gaz keleşini ortadan kalkacağı için motorun kısımla kayıpları da kaldırılacak ve hacimsel verim dolayısıyla motorun maksimum gücü artacaktır (Soruşbay, 1988).

3. İÇTEN YANMALI MOTORLARDA HİDROJEN KULLANIMI

Hidrojenin içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılması konusunda bir çok çalışma yapılmaktadır. Fakat bu çalışmalarda benzine göre tasarlanmış olan motorlar kullanılmaktadır ve bu motorlar hidrojen kullanıma imkan sağlayacak şekilde modifiye edilmişlerdir. Hidrojenin içten yanmalı motorlarda kullanılmasına ilişkin yapılan ilk incelemelerde aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir (Vorst,1975).

- Bazı küçük değişikliklerle benzin motorları hidrojen ile çalışır duruma getirilebilirler. Isıl verimleri benzin motorunkine yakındır.
- Stokiyometrik çalışma şartlarında hidrojen motorunda yüksek miktarda NO_x oluşur. Fakat silindirlere gönderilen karışım fakirleştirilerek NO_x oluşumu azaltılabilir.
- Benzin motorundan hidrojen motoruna çevrilmiş motorda, stokiyometrik hidrojen-hava karışımında %20 güç kaybı meydana gelir.
- Karbüratörlü motorlarda emme manifoldundaki alev tepmesi önemli bir problemdir.

Hidrojen motorunun bu dezavantajları, onun benzin motoru ile rekabet etme şansını azaltmaktadır. Fakat günümüze

kadar yapılan çalışmalar ile bu problemler çözülerek, hidrojenin motor verimine ve hava kirliliğinin azaltılmasına olan katkıları görülmüştür. Hidrojenin sıkıştırma oranı yüksek olan motorlarda kullanılması ile de sebep olduğu güç kaybı azaltılabilir. Ayrıca aşırı doldurma uygulanarak ilave güç sağlanabilir. Sıkıştırma oranının artırılması ve fakir karışım ile hidrojen motorunun ısı veriminde, benzinli motora göre %25'lik bir artış sağlanabilir. Fakir karışım ile alev tepmesi önemli miktarda azaltılır (Vorst, 1975).

Akaryakıt motorlarında görülen buhar tıkaçı, soğuk yüzeylerde yoğuşma, yeterince buharlaşmama gibi sorunlar hidrojen motorlarında yoktur. Hidrojen motorları 20,13 °K' de (-253°C) ilk harekete geçerken bile sorun çıkarmaz (Ültanır, 1998).

3.1. Hidrojenin Depolanması

Hidrojenin kimyasal ve fiziksel özelliğinden kaynaklanan problemlerden dolayı depolanma sorunları ortaya çıkmaktadır. Hidrojenin depolanmasında üç ana yöntem vardır; yüksek basınçlı gaz şeklinde, kroyojenik (aşırı soğutulmuş) sıvı haldeki depolama; bu durumda hidrojen genellikle alçak basınçlıdır ve metal-hidrit şeklinde depolanmasıdır (Ateş, 1985).

Hidrojenin yakıt tankının doldurulmasında bir gecikme söz konusudur. Hidrojen gazının depoya doldurulması bugünkü benzinli taşıtlardaki deponun dolum süresinden oldukça yavaştır. Örneğin 90 km'lik bir yol için gerekli hidrojen, bugünkü yöntemlerle ancak 10 dakikada doldurulmaktadır. Araştırmaların büyük bir kısmı bu sorun üzerine yoğunlaşmıştır (Uyarel, 1995).

3.1.1. Hidrojenin basınçlı gaz olarak depolanması

Depolanma ve taşıma çevre sıcaklığında yapılabilir. Yüksek basınçtan dolayı depo içerisinde sıvı hale geçen kısmın enerji kaybı söz konusu değildir.

Büyük hacimli depo gerektirir. Taşınması esnasında güçlükler ortaya çıkar (Ateş, 1985).

3.1.2. Hidrojenin sıvı olarak depolanması

Sıvı hidrojen bilinen yakıtlar içerisinde kaynama noktasındaki yoğunluğu en küçük ve özgül itme kuvvetinin en yüksek olması sebebiyle roketler, süpersonik ve hipersonik uzay araçlarında yakıt olarak kullanılır (Sherif, 1993).

Hidrojenin sıvı halde depolanmasının birtakım yararları ve zararları vardır; Ağırlık olarak nispeten hafif bir depolama şeklidir. Hidrojen yakıtı, sıvı hidrojen pompası yardımı ile silindire direkt olarak püskürtülebilir. Eğer gaz silindire ölü hacmin tam merkezinden püskürtülürse sıkıştırma oranı dizel motorlarınkine yakın bir değere çıkartılabilir. NO_x emisyonlarında azalma sağlanır. Sıvılaştırma için gerekli enerji büyüktür. Hidrojenin gaz halden sıvı hale geçerken bir kısmı buharlaşır ve bu sebeple faz değişiminin hızlı bir şekilde gerçekleşmesi gerekmektedir. Sıvı hidrojen deposunun herhangi bir zarara uğraması durumunda, hidrojen aniden buharlaşacağı için diğer sıvı yakıtlar gibi sıvı halde çevreye yayılması söz konusu değildir. Havadan çok daha hafif olan hidrojen derhal yükselerek, yanıcı bir karışım meydana getirmeyecektir (Albay, 1993).

3.1.3. Hidrojenin taşıtlarda metal hidrid şeklinde depolanması

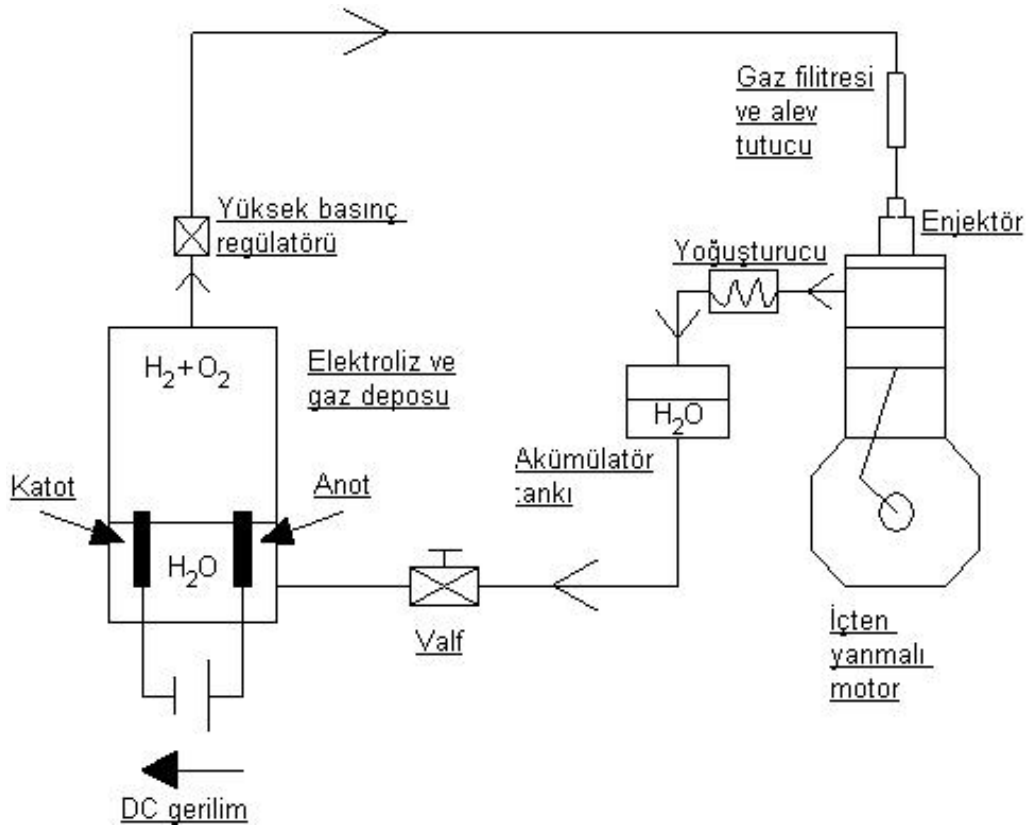
Hidridler, bir tank içinde hidrojen gazının metal alaşım parçacıkları ile bileşik oluşturmuş şekilde depolanmasıdır. Hafif kütleli metal hidridler tercih edilmektedir. Hidridlere ısı verildiğinde hidrojen serbest kalmaktadır (Ültanır, 1996). Hidrid oluşturan metaller ve alaşımlar, bir süngerin suyu absorblaması gibi hidrojeni absorbe eder. Bir başka deyişle, bunlar hidrojeni çok yoğun bir şekilde depolayabilirler (Veziroğlu, 1998). Gaz hidrojen katı metallerin kafes şeklindeki iç yapılarına nüfuz edecek kristal yapının çeşitli yerlerine bağlanır (Yazıcıoğlu, 1995).

3.2. Hidrojenin Motorlarda Yakılması ve İşletim Problemleri

Hidrojen yakıtlı motorlarda yanma açısından ortaya çıkan en önemli iki sorun, geri tutuşma ve erken ateşleme olaylarıdır. Yanma odasına gönderilen yakıt hava karışımının silindire girmeden önce tutuşması sonucunda motorun emme manifoldu içinde geriye doğru alevin ilerlemesi geri tutuşma olarak tanımlanmaktadır. Bu olay emme sistemi elamanlarını tahrip etmekte ve emniyet açısından sorun oluşturmaktadır. Yanma odasına gönderilen karışımın bujide kıvılcım çakmadan önce sıcak odaklar tarafından tutuşturularak yanmayı istenilenden önce başlatması da erken tutuşma olarak tanımlanmaktadır. Hidrojenin tutuşma enerjisinin düşük olması bu iki sorunu ortaya çıkarmaktadır (Soruşbay, 1988). Geri tutuşma hava fazlalık kat sayısının(I) 2 ila 3 arasında olduğu durumlarda oluşmaktadır. Hidrojenin yakıt olarak kullanılabilmesi için bu sorunların ortadan kaldırılması gerekir.

Geri tutuşmanın sebeplerinden biri benzin ile kıyaslandığında hidrojenin tutuşturulabilmesi için daha düşük iyonlaşma enerjisine ihtiyaç duymasıdır. Dolayısıyla hidrojen yakıtlı motorlarda buji kıvılcımından sonra ateşleme sisteminde kalan artık enerji miktarı daha fazla olur. Egzoz zamanı genişleme periyodundan sonra silindir içi basıncının atmosfer basıncına yakın olduğu durumlarda, sistemdeki artık enerji bujide kıvılcım oluşmasına sebep olur. Kıvılcımın oluştuğu nokta çevrimden çevrime farklılık gösterir. Eğer buji kıvılcımı emme zamanında oluşursa, diğer bazı etkenlerle birlikte geri tutuşmaya sebep olur. Artık enerji oluşumunu önlemek için ateşleme sistemi modifiye edilmelidir (Kondo, 1997).

Yüksek yük altında, yanma odasındaki sıcak noktalar karışımın erken ateşlenmesine sebep olur. Hidrojenin tutuşma enerjisinin düşük olması nedeniyle; yanma odasındaki sıcak noktalar, supap bindirmesinde sıcak egzoz gazları, çok fakir karışımlarda yanma hızlarının düşük olması nedeni ile yanma süresinin artması sonucu yanan gazlarla yeni karışımın teması, motor yağından gelen sıcak partiküller, yanmayı istenilenden önce başlatabilmektedir. Bu amaçla yanma odası sıcaklığının düşürülmesi gerekmektedir. Bunun için; Karışımın bir miktar fakirleştirilmesi, egzoz gazları resirkülasyonu (EGR), yanma odasına su püskürtülmesi, supap bindirmesi süresinin azaltılması, giriş havasının sıvı hidrojen kullanımı sonucu soğutulması gibi çeşitli yöntemler uygulanabilir. Ancak karışıma EGR uygulanması veya gönderilen hidrojenin azaltılması sonucu fakirleştirilmesi çevrimden çevrime olan farklılıkları artıracak ve motorun düzenli çalışmasını önleyecektir. Ayrıca EGR sonucu ortalama efektif basınçta düşecektir (Soruşbay, 1988). Hidrojen yakıtlı motorlarda hava-yakıt oranı 0,8 olduğunda egzoz gazları içindeki NO_x miktarı maksimum olur. NO_x oluşumunu azaltmak için hidrojene saf oksijen ilave edilmelidir. Bu durum ise sisteme daha karmaşık hale getirir ve taşıt ağırlığını artırır. Bu sorunun çözümü için kullanılan yöntemlerden biri; taşıt üzerinde suyu elektroliz ederek, açığa çıkan hidrojen ve oksijenin basınç altında depo edilmesidir. Aşağıdaki şekilde böyle bir sistem görülmektedir.



Şekil 1. Sıfır emisyonlu motor sistemi şeması (Bohacik et al., 1997)

Hidrojen-hava karışımı içindeki su buharı yanma sıcaklığını azaltacağından maksimum basıncın, dolayısıyla gücün azalmasına sebep olur. Bunun için karışım içindeki su buharı bir yoğusturucudan geçirilerek su deposuna geri döndürülür. Yanma odası içinde bırakılan su buharı miktarı ayarlanarak yanma hızı ve vuruntu oluşumu kontrol edilebilir (Bohacik, 1997).

3.3 Buji ile Ateşlemeli Motorlara Hidrojen Takviyesi ve Egzoz Gazları Emisyonu

Benzin motoruna hidrojen takviyesi ile yanmamış hidrokarbon emisyonları azaltılarak ısı verim iyileştirilir (Apostolescu, 1996). Hidrojen takviyesi yapılan Otto motorlarında küçük bir ön yanma odası mevcuttur. Yanma odası bujinin yerine yerleştirilmiştir. Bu ön yanma odası içinde hidrojen enjektörü ile buji vardır. Esas yakıt ise (benzin, metanol, propan vs.) emme portlarındaki enjektörlerden püskürtülerek silindirlere gönderilir. Hidrojen takviyesi ile esas yanma odası içinde yakılan hidrokarbon esaslı yakıtların çok fakir karışım oranlarında düzgün bir şekilde yakılması sağlanır. Böylece ısı verim artırılarak, azot oksit emisyonları önemli derecede azaltılır (Glasson, 1996).

Hidrojenin hava ile yanmasının sonucu da, yakıtta karbon bulunmaması nedeni ile yanma ürünleri arasında CO , CO_2 , HC 'ler mevcut olmayacak, sadece motorun yağlama yağının yanması nedeni ile oluşan HC 'ler egzoz gazları arasında bulunacaktır. Ayrıca yüksek yanma sıcaklıkları nedeniyle havanın kimyasal reaksiyonu sonucu azot oksitler oluşacaktır (Soruşbay, 1988).

Hidrojenin yanma ürünü su buharıdır ve sınırlı maksimum sıcaklıklardaki NO_x emisyonları ihmal edilebilir. Nitekim hidrojenle çalışan bir içten yanmalı motor, günümüz taşıt motorlarından çok daha az NO_x emisyonuna neden olmaktadır (Ültanır, 1994).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya nüfusunun hızla artması, mevcut enerji kaynaklarının yakın gelecekte yetersiz kalacak olması ve çevre kirliliğinin tehlikeli boyutlara ulaşması alternatif yakıtların önemini arttırmıştır. Bu durum araştırılacak alternatif yakıtların çevre dostu olmasını zorunlu kılmaktadır. Bu çalışma da incelenen hidrojen hem elde edilebilme potansiyeli hem de çevre dostu olması bakımından alternatif yakıtlar içinde önemli bir konumdadır. Yanma ve depolama ile ilişkin sorunların halledilmesi durumunda hidrojen önümüzdeki yıllarda rakipsiz bir içten yanmalı motor yakıtı olacaktır.

Elektroliz yoluyla sudan elde edilmesi hidrojenin sonsuz bir enerji kaynağı olduğunu göstermektedir. Yanma hızının ve kendi kendine tutuşma sıcaklığının yüksek olması buji ile ateşlemeli motorlardaki vuruntu ihtimalini azaltmaktadır. Tutuşma enerjisinin düşük olması ilk hareket kolaylığı sağlar. Hidrojenin içerisinde karbon bulunmamasından dolayı, egzoz emisyonları fosil yakıt kullanılan motorlara göre daha iyidir. Herhangi bir sebeple yakıt donanımında meydana gelen bir sızıntı durumunda hidrojenin uçuculuğunun çok yüksek olması nedeniyle hızla sistemden uzaklaşacağından herhangi bir tehlike oluşturmaz.

Hidrojenin içten yanmalı motorlarda kullanılabilmesi için geri tutuşma, erken ateşleme ve depolama problemlerinin çözülmesi gereklidir. Bu amaçla çalışmalar bu konular üzerinde yoğunlaşmalıdır.

KAYNAKLAR

1. Anonymous, 1992, Bmft, Renewable Energy, Germany.
2. Acaroğlu, M., 1998, Biyokütle Enerjisi Üretimi ve Uygulamaları, Yüksek Lisans ders Notları, Yayınlanmamış, Konya.
3. Albay, A. O., 1993, Fakir Karışimli Benzin Motorlarında Hidrojen veya Doğal Gazın Ek Yakıt Olarak Kullanılması, İTÜ Fen Bilimleri Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
4. Altan, M., Yörükoğlu, E., 1997, Hidrojen-Zeolit Sisteminin Enerji Teknolojisindeki Önemi Türkiye 7. Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliğleri, Cilt:2, 3-8 Kasım 1997, Ankara.
5. Apostolescu, N., Chiriac, R., A Study Of Combustion Of Hydrogen Enriched Gasoline In A Spark Ignition Engine, SAE Paper No: 9606603.
6. Ateş, A., 1985, İçten Yanmalı Motorlarda Hidrojenin Yakıt Olarak Kullanılması ve Depolama Problemleri, S.Ü. Yüksek Lisans Tezi, Konya.
7. Bohacik, T., Maria, S.D., Travbridge,C., Saman,W.,Combustion Characteristic Of Electrolycally Produced Hydrogen-Oxygen Mixture SAE Paper No: 971703.
8. Dipioğlu, İ., 1998, Hidrojenin Taşıt Üzerinde Üretimi ve Petrol Kökenli Yakıtlarla Birlikte İçten Yanmalı Motorlarda Kullanımının İncelenmesi” S.Ü. Makine Anabilim Dalı, Konya.
9. Glasson, N., Lumsden,G., Dingli,R., Watson,H., Development Of The Haji System For A Multi-Cylinder Spark

Ignition Engine SAE Paper No: 961104.

10. Kondo, T., Lio,S., Hiruma, M., A Study On The Mechanism Of Backfire İn External Mixture Formation Hydrogen Engines SAE Paper No: 971704.
11. Kukkonen, C.A., Hydrogen As An Alternative Automotive Fuel SAE Paper No: 810349.
12. Özer, Ü., 1991, Fosil Yakıtlar Yerine Solar Hidrojen, Yanma ve Hava Kirliliği Kontrolü, 1. Ulusal Yanma Sempozyumu, G.Ü.,Ankara.
13. Sherif, S. A., Zeytinoğlu, N., 1993 Liquid Hydrogen: Potential And Problems, 1. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İ.T.Ü., İstanbul.
14. Soruşbay, C., Arslan, E., Hidrojen Yakıtlı İçten Yanmalı Motorlarda Yanma Performansı, Mühendis Ve Makine Dergisi, Cilt:29, Sayı:339.
15. Stout, B. A., 1984, Energy Use and Management in Agriculture, Breton Publishers, Massachusetts, USA.
16. Tekin, M., Çevik, İ., 1997, Hidrojenin İçten Yanmalı Motorlarda Kullanımı 5.Otomotiv Yan Sanayi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, MMO Yayınları, No:198, Bursa.
17. Uyarel, A.Y., 1995, Alternatif Yakıt Raporu: Hidrojenle Çalışan Miata, Teknik Gelişim Dergisi, Yıl:3, Sayı:10.
18. Ültanır, M.Ö., 1994, Hidrojen Enerjisi ve Türkiye'de Hidrojene Geçiş Sorunları, Türkiye 6.Enerji Kongresi, Teknik Oturum Tebliğleri, Cilt:1, İzmir.
19. Ültanır, Temmuz 1996, M.Ö.,21.Yüzyılın Yakıtı Hidrojen, Bilim ve Teknik Dergisi.
20. Ültanır, M.Ö., 1997, Temiz Enerji Olarak Hidrojen Yakıtı ve Teknolojisi, Türkiye 7.Enerji Kongresi,Teknik Oturum Tebliğleri, Cilt:3, Ankara.
21. Ültanır, M.Ö., Aralık 1998, 21.Yüzyıla Girerken Türkiye'nin Enerji Stratejisinin Değerlendirilmesi, Yayın No. Tüsiad-T/98-12/239, İstanbul.
22. Veziroğlu, N., 1981, Yeni Enerji Kaynaklarının Birleştiricisi: Hidrojen Enerji Sistemi, Doğa Bilim Dergisi, Atatürk Özel Sayısı.
23. Veziroğlu, N., Hidrojen Enerjisi, Modern Fizik (Ed:Zor M.) AÖF Yayını No:117, Eskişehir.
24. Veziroğlu, N., 1998, Uçaklar,Trenler,Otomobiller ve Gemiler, Ekoloji Çevre Magazin Dergisi, Yıl:7, Sayı:26.
25. Vorst, W., D.V., Finegold, J.G., 1975, Automotive Hydrogen Engines, And Onboard Storage Methods, Hydrogen Energy Fundamentals, Miami Beach, Florida U.S.A.
26. Yazıcıoğlu, M.T., 1995, Taşıtlarda Alternatif Tahrik ve Yakıt Tiplerinin Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

